

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 08-201660  
 (43) Date of publication of application : 09. 08. 1996

(51) Int. Cl.

G02B 6/42

(21) Application number : 07-025881  
 (22) Date of filing : 20. 01. 1995

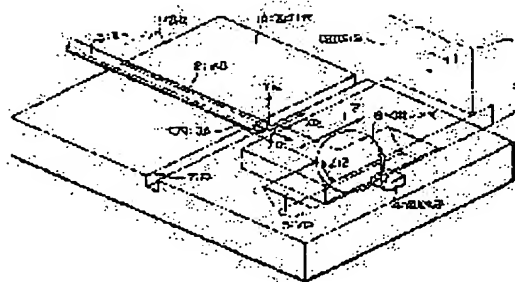
(71) Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD  
 (72) Inventor : NAKATANI SUSUMU

## (54) OPTICAL COUPLING MODULE AND ITS MANUFACTURE

## (57) Abstract:

PURPOSE: To precisely optically couple an optical guide such as an optical fiber with an optical element such as a light emitting element at a low cost.

CONSTITUTION: A V groove 2 is formed preliminarily on an upper surface of a substrate 1 such as silicon substrate, and the terminal of the optical fiber 3 is fixed, and besides, the light emitting element 4 is fixed on its optical axis, that is, a Z axis at a relatively moderate precision. Then, the V groove 5 is formed on the Z axis so as to be crossed with the Z axis, to put in a spherical lens 6. When the spherical lens 6 is slid along the V groove 5 while operating the light emitting element 4, a light beam is adjusted into an optimum state while surveying the coupling with the optical fiber 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18. 01. 2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) ; 1998, 2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-201660

(43) 公開日 平成8年 (1996) 8月9日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G 0 2 B 6/42

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-25881

(22) 出願日 平成7年 (1995) 1月20日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 中谷 晋

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

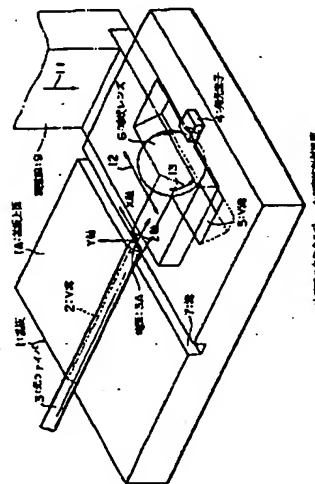
(74) 代理人 弁理士 佐藤 幸男

(54) 【発明の名称】 光結合モジュールとその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光ファイバ等の光ガイドと発光素子等の光学素子とを高精度で低コストで光結合させる。

【構成】 予めシリコン等の基板1の上面にV溝2を形成し、光ファイバ3の末端を固定する一方、その光軸上、即ちZ軸上に比較的緩やかな精度で発光素子4を固定してしまう。そして、そのZ軸上にこれと交差するようにV溝5を形成し、ここに球状レンズ6を収める。発光素子4を動作させながら球状レンズ6をV溝5に沿ってスライドさせると、光ファイバ3との結合を実測しながら光ビームを最適な状態に調整できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上で、光ガイドと光学素子とを光学的に結合させるものであって、前記光ガイドの光入出力端面近傍における光軸と一致する方向をZ軸とし、このZ軸に垂直で前記基板上面に垂直な方向をY軸とし、前記Z軸とY軸に垂直な方向をX軸としたとき、前記基板上面に、前記Z軸を基板上面に平行に向けて固定した光ガイドと、前記基板上の前記Z軸上で、前記光ガイド端面に光路を向けるように配置した光学素子と、前記光ガイド端面と前記光学素子の間のZ軸上であって、前記基板上面で前記Z軸と交差するように前記X軸方向に形成されたV溝に支持された球状レンズとを備えたことを特徴とする光結合モジュール。

【請求項2】 前記光ガイドは、光ファイバから成り、この光ファイバ末端は、前記基板上面で前記Z軸方向に形成されたV溝に支持固定され、前記基板上面を基準面として光ファイバのY軸方向の位置決めがされていることを特徴とする請求項1記載の光結合モジュール。

【請求項3】 前記光ガイドは、光導波路から成り、前記基板上面を基準面として導光部の前記Y軸方向の位置決めがされていることを特徴とする請求項1記載の光結合モジュール。

【請求項4】 前記基板はシリコン基板から成り、この基板上面に形成されたV溝は異方性エッチング加工によりY軸方向の位置決めがされていることを特徴とする請求項1、2又は3に記載の光結合モジュール。

【請求項5】 前記光ガイドのY軸方向の位置と、前記球状レンズの外径と、前記光学素子のY軸方向の位置決め精度を、前記基板上面に形成する球状レンズ支持用のV溝の加工精度とほぼ同レベル以上に選定したことを特徴とする請求項4記載の光結合モジュール。

【請求項6】 前記球状レンズを支持するV溝に交差するように、球状レンズ支持面より浅い、Z軸方向に向いた光ビーム通過用のV溝が形成されていることを特徴とする請求項1から5に記載の光結合モジュール。

【請求項7】 前記光学素子は、前記Z軸方向に交差する光ビーム通過用のV溝の、端部に形成された光反射面に対向するように受光面を向けて、前記基板上面に搭載された受光素子チップから成ることを特徴とする請求項6記載の光結合モジュール。

【請求項8】 前記光反射面は、前記光ビーム通過用のV溝と共にエッチング加工により形成されていることを特徴とする請求項7記載の光結合モジュール。

【請求項9】 前記光学素子は、受光素子チップと、その受光面を前記光ガイド端面に向けるように受光素子を支持したキャリアとから成り、その受光素子の受光面での前記基板上面Y軸方向の光軸位置は、前記球状レンズを経由する受光素子と光ガイド

との光結合に有効な光ビームが前記基板上面と交差しないうように、前記光ガイド端面におけるY軸方向の光軸位置より十分高く選定されていることを特徴とする請求項1記載の光結合モジュール。

【請求項10】 前記基板上に発光素子と受光素子とを固定し、外部回路から入力する光信号をガイドする光ガイドと、前記発光素子の出力光を分岐したモニタ光をガイドする光ガイドの光出力端面の両方を、前記球状レンズを介して前記受光素子と対向させたことを特徴とする請求項1記載の光結合モジュール。

【請求項11】 基板上で、光ガイドと光学素子とを光学的に結合させる場合に、前記光ガイドの光入出力端面近傍における光軸と一致する方向をZ軸とし、このZ軸に垂直で前記基板上面に垂直な方向をY軸とし、前記Z軸とY軸に垂直な方向をX軸としたとき、前記基板上面に光ガイドの光入出力端面を固定し、前記基板上の前記Z軸上で、前記光ガイド端面に光路を向けるように光学素子を配置し、

前記光ガイド端面と前記光学素子の間のZ軸上であって、前記基板上面で前記Z軸と交差するように前記X軸方向に形成されたV溝に球状レンズを支持して、前記V溝上でX軸方向に球状レンズを動かして、前記光ガイドと前記光学素子との光結合に有効な光ビームの経路を最適に選定してから当該球状レンズを当該V溝に固定することを特徴とする光結合モジュールの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光信号の送受信を行う場合に、発光素子や受光素子と、光を伝送するための光ガイドとの接続を行う光結合モジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信システム等において、光信号の送受信には発光素子や受光素子が使用される。また、光信号の伝送には、光ファイバや基板上に形成された光導波路等が使用される。例えば、発光素子と光ファイバを結合させる場合には、予め光ファイバの末端を、基板上面からの高さが発光素子の発光位置と一致するようにV溝等に固定し、光ファイバ端面と向かい合うように発光素子を基板上に載置する。そして、2次元方向に発光素子の位置を調整し位置決めする。この場合に、正確な位置決めが行われないと結合損失が大きくなり、十分な特性の光結合モジュールが得られない。そこで、従来、このような位置決め処理には光学顕微鏡を用いたりあるいは位置決め用のマークを付けておきこれをイメージデータとして読み取り、パターン認識の技術を用いて位置合わせするといった方法が採用されていた。一方、光ファイバ端面における光結合特性を高めるため、光ファイバ端面をレンズ状に加工して開口角を広げるといった方法も採用されていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような従来の光結合モジュールやその製造方法には次のような解決すべき課題があった。光学顕微鏡によって発光素子等の位置決めを行うのは、人の目と手に頼る手段であって、熟練度に依じたばらつきも生じるし、精度の向上には限界がある。

【0004】また、パターン認識を用いた場合には、微小なマークを読み取りこれを認識するために、高価な高性能なパターン認識装置が必要となる。しかも、イメージ処理によってパターンを認識することから、精度を高めるためにはイメージデータのデータ量も増大する。従って、演算処理に時間がかかり、従来位置決め完了までに数十秒といった時間が必要であった。これは、この種のモジュールの量産コストを高める原因となる。また、発光素子の位置決め処理中は発光素子を動作させることができないため、実際に光学的結合が最適な状態にするのは必ずしも容易でない。

【0005】更に、光ファイバ端面をレンズ状に加工する処理も、ある程度のばらつきが生じ易く、また加工工程が1工程加わるため、製造コストもアップする。更に、光導波路についてはこのようなレンズ加工が難しく開口角が小さいために、十分な結合効率が得られないといった問題があった。発光素子と光ファイバとの結合に限らず、受光素子と光ファイバや光導波路との間の光結合についても同様の問題がある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は以上の点を解決するため次の構成を採用する。本発明の光結合モジュールは、基板上で、光ガイドと光学素子とを光学的に結合させるものであって、光ガイドの光入出力端面近傍における光軸と一致する方向をZ軸とし、このZ軸に垂直で基板上面に垂直な方向をY軸とし、Z軸とY軸に垂直な方向をX軸としたとき、基板上面に、Z軸を基板上面に平行に向けて固定した光ガイドと、基板上のZ軸上で、光ガイド端面に光路を向けるように配置した光学素子と、光ガイド端面と光学素子の間のZ軸上であって、基板上面でZ軸と交差するようにX軸方向に形成されたV溝に支持された球状レンズとを備える。

【0007】光ガイドは、例えば光ファイバから成り、この光ファイバ端面は、基板上面でZ軸方向に形成されたV溝に支持固定され、基板上面を基準面として光ファイバのY軸方向の位置決めがされる。また、光ガイドは、例えば光導波路から成り、基板上面を基準面として導光部のY軸方向の位置決めがされる。基板はシリコン基板から成り、この基板上面に形成されたV溝は異方性エッチング加工されていることが好ましい。

【0008】この他、光ガイドのY軸方向の位置と、球状レンズの外径と、光学素子のY軸方向の位置決め精度を、基板上面に形成する球状レンズ支持用のV溝の加工

精度とほぼ同レベル以上に選定するとよい。更に、球状レンズを支持するV溝に交差するように、球状レンズ支持面より浅い、Z軸方向に向いた光ビーム通過用のV溝が形成することもできる。

【0009】光学素子は、Z軸方向に交差する光ビーム通過用のV溝の、端部に形成された光反射面に対向するように受光面を向けて、基板上面に搭載された受光素子チップから成る。光反射面は、光ビーム通過用のV溝と共にエッチング加工により形成される。また、光学素子は、受光素子チップと、その受光面を光ガイド端面に向けてるように受光素子を支持したキャリアとから成り、その受光素子の受光面での基板上面Y軸方向の光軸位置は、球状レンズを経由する受光素子と光ガイドとの光結合に有効な光ビームが基板上面と交差しないように、光ガイド端面におけるY軸方向の光軸位置より十分高く選定される。

【0010】また、基板上に発光素子と受光素子とを固定し、外部回路から入力する光信号をガイドする光ガイドと、発光素子の出力光を分岐したモニタ光をガイドする光ガイドの光出力端面の両方を、球状レンズを介して受光素子と対向させることが好ましい。

【0011】本発明の方法は、基板上で、光ガイドと光学素子とを光学的に結合させる場合に、光ガイドの光入出力端面近傍における光軸と一致する方向をZ軸とし、このZ軸に垂直で基板上面に垂直な方向をY軸とし、Z軸とY軸に垂直な方向をX軸としたとき、基板上面に光ガイドの光入出力端面を固定し、基板上のZ軸上で、光ガイド端面に光路を向けるように光学素子を配置し、光ガイド端面と光学素子の間のZ軸上であって、基板上面でZ軸と交差するようにX軸方向に形成されたV溝に球状レンズを支持して、V溝上でX軸方向に球状レンズを動かして、光ガイドと光学素子との光結合に有効な光ビームの経路を最適に選定してから当該球状レンズを当該V溝に固定する。

## 【0012】

【作用】本発明においては、予めシリコン板等の基板の上面にV溝を形成し、光ファイバの端末を固定する一方、その光軸上、即ちZ軸上に比較的緩やかな精度で発光素子を固定してしまう。そして、そのZ軸上でこれと交差するようにV溝を形成し、ここに球状レンズを収める。発光素子を動作させながら球状レンズをV溝に沿ってスライドさせると、光ファイバとの結合を実測しながら最適値に調整できる。

【0013】基板上の光ファイバを支持するV溝や球状レンズを支持するV溝は予め高い精度で加工できる。光ファイバの外径や球状レンズの外径はいずれも十分高い精度で加工できる。発光素子のY軸方向の精度は基板上面と発光素子の組立て精度により十分なものが得られる。従って、もともとY軸方向の精度は十分高いものが得られる。一方、Z軸方向は比較的緩い精度で調整して

問題ない。ここでX軸方向の位置決めが重要となるが、本発明では発光素子の位置決めは比較的緩い精度で行い、球状レンズをX軸方向に動かして、光ビームを高精度に調整する。球状レンズをスライドさせるのは比較的容易で、パターン認識等も不要のため、調整時間が短縮される。

【0014】なお、本発明において、光ガイドとは、光ファイバや光導波路等、発光素子や受光素子と結合される光を伝送するためのデバイスをいう。また、光学素子とは、受光素子や発光素子を含む概念である。光ガイド端面に光路を向けるように光学素子を配置するというのは、実質的に光ガイド端面と光学素子の発光面や受光面とが光学的に結合するよう向き合えばよく、途中で反射板等を設けて光路を適当に折り返す場合も含む概念である。

【0015】本発明では、基板上面が基準面となり、ここに形成されたV溝は、主として光ファイバや球状レンズのY軸方向の位置決めを行うためのものである。従って、光ファイバや球状レンズと接する部分がV字谷を形成していれば、その他の部分がどのように加工されていてもよい。また、異方性エッチング加工とは、エッチングの進む速度が等方的でない基板の特性を利用して自動的に化学的にV溝を形成することをいう。また、受光素子チップとは、キャリア等に搭載されない裸の状態の素子そのものをいう。この他、光ビーム通過用のV溝は光ビーム通過を目的とするから実質的にV字状でよく、U字状でも断面長方形でも差し支えない。

【0016】[光ファイバと発光素子の結合]

【実施例】以下、本発明を図の実施例を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の光結合モジュールの実施例斜視図である。図の基板1は半導体応用製品等の製造に使用されるシリコン板から成る。この基板1にはエッチング加工によりV溝2が形成されている。そして、ここに光ファイバ3の末端が支持固定されている。なお、本発明においてはこの光ファイバ3の端面3Aにおいて、その光軸と一致する方向をZ軸と呼ぶことにする。光ファイバ3の内部で光信号はその長手方向に伝送される。従って、このZ軸は基板上面1Aと平行でV溝2の方向と同一の方向となる。なお、光ファイバ3の端面3Aは、基板1上に形成された溝7の淵にくるように位置決めされている。

【0017】一方、この基板1のZ軸上には、光ファイバ3の端面3Aと対向するように発光素子4が配置されている。即ち、この例では発光素子4の光出射方向が、丁度光ファイバ3の端面3Aに向くように発光素子4が基板1上に固定されている。本発明においては、このZ軸に垂直で基板上面1Aに垂直な方向をY軸とし、Z軸に垂直で基板上面1Aと平行な方向、即ちZ軸とY軸に垂直な方向をX軸と呼ぶ。上記光ファイバ3の端面3Aと発光素子4との間のZ軸に交差するように、別のV溝

5が形成されている。このV溝5には球状レンズ6が、当初、X軸方向に自由に転がるように支持されている。

【0018】本発明の光結合モジュール製造の際には、図に示すようなL字状の調整腕9を用いて球状レンズ6を押える。即ち、初めに調整腕9は矢印11方向に下降して球状レンズ6を押え、矢印12方向にスライドして球状レンズ6をX軸方向に動かす。この球状レンズ6を矢印13に示すように転がし、光ファイバ3と発光素子4との光結合に有効な光ビームの方向を最適状態に選定する。その後は、球状レンズ6がV溝5上に固定される。

【0019】上記のような構成の本発明の光結合モジュールは、例えば図2に示すようなパッケージ15に收容される。図2は、本発明の光結合モジュール全体図で、

(a)は平面図、(b)はその側断面図である。図に示すように、金属等のケースから構成されたパッケージ15には、その左側壁から、スリーブ16の内部で被覆を終端させた光ファイバ3が挿入されている。この光ファイバ3の末端はパッケージ15の中央に固定された基板1上でV溝2に支持固定される。なお、光ファイバ3の末端は、図に示すように押え板17等によってV溝2の上に押し付けられる。

【0020】一方、光ファイバ3の端面3Aと向かい合うように発光素子4が固定され、その間にV溝5が形成されている。そして、先に説明した球状レンズ6がこのV溝5に支持されている。なお、パッケージ15の右側壁には配線板18がこれを貫くようにして固定されており、ここに配線パターン19が形成されている。この配線パターン19と発光素子4との間は図示しないボンド線等によって電気接続される。

【0021】[位置決め精度] 図3に、発光素子の位置決め法説明図を示す。図は半導体発光素子の斜視図で、製造時の状態を左上に示し、基板上に固定する場合の状態を右下に示した。即ち、発光素子4の発光部4Aはトランジスタや集積回路等の製造と同様に、半導体膜の積層処理によって形成される。従って、図のY軸方向の厚さが100 $\mu$ m程度の本体に、例えばその表面から5 $\mu$ m程度の深さに発光部4Aが形成される。そして、図1に示す基板1上では光ファイバ3とY軸方向に見て光軸合わせをし易いように、これを丁度裏返して図3の右下に示すように発光部4Aを基板上面に近い位置に配置する。この発光部4AのY軸方向の位置は、半導体プロセスにより高い精度で制御が可能である。

【0022】例えば、図1に示すような光結合モジュールの場合、球状レンズ6がないものとする、発光素子4の位置合わせは、Y軸方向にもX軸方向にも $\pm 0.5\mu$ m程度の精度が要求される。なお、Z軸方向については $\pm 5\mu$ m程度の精度で十分である。図3に示したような発光素子4は半導体プロセスにより形成されることから、0.5 $\mu$ m程度の精度で発光部4AのY軸方向の位

置を制御することが可能である。

【0023】一方、図1に示す光ファイバ3の端末を基板1上のV溝2に支持固定する場合にも同程度の精度が比較的容易に達成できる。この場合、例えば基板1上にフォトリソプロセスを用いて高精度なマスクを形成し、アルカリ系のエッチング液によりエッチングする。このとき、シリコンの結晶面方位依存性によって、エッチング角が一定で高精度な幅のV溝を形成することができ、本発明においては、この方法を異方性エッチング加工と呼んでいる。即ち、V溝の幅と長さに対応する窓を開けたマスクを使用すれば、エッチングにより自動的に一定の高い精度のV溝が形成される。

【0024】図4に、V溝の断面説明図を示す。このV溝は異方性エッチング加工により形成されたもので、図に示すように、その谷の側面の挟む角度が $70.52^\circ$ になる。ここに、断面円形の光ファイバを収容すると、例えばその半径をR、V溝の幅をWとすると、光ファイバのコアCの基板上面1Aからの高さhはこの図中の式に示すとおりになる。光ファイバの外径精度は、通常 $\pm 1\mu\text{m}$ 程度である。V溝の精度は更に高精度に設定できるから、実質的に基板上面1Aからの光ファイバのコアCの位置精度は、発光素子のY軸方向の位置決めと同レベルの精度で選定できる。光ファイバの代わりに球状レンズをV溝に収容した場合も全く同様である。

【0025】以上のことから、図1に示す光ファイバ1や発光素子4のY軸方向の位置決め精度を要求される $\pm 0.5\mu\text{m}$ 程度に設定するために特に複雑な調整等を必要としない。球状レンズ6についても同様である。一方、図1に示すX軸方向の発光素子4の位置決めは、例えば光学顕微鏡で比較的短時間でセットできる程度に設定する。具体的には $\pm 50\mu\text{m}$ 程度のレベルでよい。そして、球状レンズ6を先に説明した調整腕9によってX軸方向に動かすことにより光ビームの方向の最適化を行う。また、これらの加工は基板上面1Aを基準として行うことから、この基板上面1Aを基準面とすることが最も好ましい。

【0026】〔Z軸方向のV溝〕図5に、発光素子と光ファイバとの結合状態図を示す。(a)はその平面図、(b)はZ軸とY軸とを通る面でモジュールを切断した主要部側断面図である。図の(a)の実施例では光ファイバ3のコア3Cに対し発光素子4を結合させるように両者を位置決めしている。なお、この実施例では、図1の実施例に加えて、新たにZ軸方向の光ビーム通過用のV溝22を設けている。図の(b)に示すように、光ファイバ3のコア3Cの位置は、基板上面1Aに非常に接近している。そこで、発光素子4から光ファイバ3に到る光ビーム23を妨げないように、Z軸方向に浅いV溝22を形成している。なお、このV溝22は球状レンズ6を支持しているV溝5よりも浅く、このV溝5と交差するように形成されている。従って、球状レンズ6がX

軸方向に移動する場合には球状レンズ6の外周面は常にV溝5の壁面に接しており、V溝22の影響は受けない。このような光ビーム通過用のV溝22は、位置決めの精度をさほど要求されないため、サンドブラスト等、適当な加工方法が採用できる。

【0027】本発明においては、この図5(a)に示すように、発光素子4の位置決め精度を比較的緩やかなものにし、その代わりにV溝5上で球状レンズ6を矢印12方向に動かすことによって、発光素子4から発射される光ビーム23を正確に光ファイバ3のコア3Cに導く。この場合の最適値は、実際に発光素子4を動作させた状態で光ファイバ3の出力光をモニタすることにより選定する。これは、発光素子4を基板1上に位置決め固定し、配線を終了してから最終調整することのできる本発明特有の効果である。このとき、図に示すように、球状レンズ6のY軸方向の高さとZ軸方向の位置はV溝5により正確に位置決めされており、X軸方向の位置だけを動かし、光ビーム23の経路調整を行うため、従来の欠点であった発光素子4のX軸方向の位置決め精度を十分に緩く選定することを可能にする。

【0028】〔光導波路と発光素子〕図6には、光導波路を用いた光結合モジュール全体図を示す。(a)はその平面図、(b)はその側断面図である。図の実施例は、パッケージ15の左側部分で光ファイバ3の端面を基板1上に支持固定し、中央部分に光導波路21を、形成している。即ち、基板1の上面に半導体プロセスによって形成した光導波路21を光ファイバ3と発光素子4との間に配置している。この部分を除けば、図2の実施例と変わるところはない。従って、図2と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0029】この図に示すように、光導波路21はその端面21Aを発光素子4の側に向け、丁度光ファイバ3の端末と結合するようにその導光部21Bを配置している。このように、基板1の上面に半導体プロセスによって光導波路を形成した場合、その導光部21Bの位置決め精度は半導体の加工精度と同レベルに選定できる。この場合に、基板1上に光ファイバのクラッドに相当する部分と導光部21Bと更にその上を覆うクラッドに相当する部分を順に形成していった場合、導光部21Bの位置は基板上面を基準として、下側のクラッドの厚み分の高さに配置される。クラッドの厚み精度は $\pm 1\mu\text{m}$ 以内であり、ファイバの精度と同レベルに導光部21Bの形成が可能である。これと先に説明した発光素子4との光結合を行う場合には、例えば次のような条件設定をする。

【0030】図7に、発光素子と光導波路との間の光路説明図を示す。例えば、この図に示すように、光導波路21の導光部21Bは丁度基板1の上面から下側クラッドの厚さ分hの高さに位置決めされているものとする。この場合に、発光素子4の発光部は基板1の上面に極め



て近い位置にある。従って、光ビームは図に示すように発光素子4からやや傾斜して上向きに進む。このような光ビームの向きを設定しようとすれば、球状レンズ6の中心位置を図に示すような演算式により求める。即ち、発光素子4から球状レンズ6の中心までの距離を $L_1$ 、球状レンズ6の中心から光導波路21の端面21Aまでの距離を $L_2$ とすると、球状レンズ6の基板1の上面からの高さ $k$ は、 $h \times L_1 / (L_1 + L_2)$ というようにして求められる。球状レンズ6を支持固定するV溝5はこのような条件になるように成型される。従来の光導波路と光素子を直接結合する方法と違い、このような段差があっても、結合に問題は生じない。

【0031】この場合にも球状レンズ6をV溝5上でスライドさせて光ビームの調整を行うことができるため、発光素子4の位置決め精度はX軸方向に $\pm 50 \mu\text{m}$ 程度で選定すれば十分である。また、図1、図2、図5、図6の実施例において、V溝5の長さは、X方向に $100 \mu\text{m}$ 程度球状レンズ6を動かすことができるように選定すれば十分である。図1に示した調整腕9を用いて最適化調整が行われ、球状レンズ6の最適位置が決定された後は、その状態で球状レンズ6はV溝5に接着剤等によって固定される。なお、光ファイバと球レンズ間のZ軸方向の精度は $\pm 50 \mu\text{m}$ 程度で良いから、図1に示した基板1上の溝7の壁面に光ファイバ3の端面3Aを突き当てることで、容易に所定の精度が達成できる。発光素子4の位置決めには、マーカー等を用いた顕微鏡による位置決めやごく簡単な精度の低いパターン認識装置等を用いることができる。

【0032】球状レンズ6の位置調整は1、2秒程度でできることから、従来よりも十分短時間に最適条件の設定が可能となる。もちろん、光ファイバ等の端面に球状レンズ加工を行う必要もない。光ファイバのY軸方向の位置決めはV溝の深さによって選定できる。従って、図5(b)に示したように、Y軸方向に見た場合に、発光素子と同程度の高さにそのコア位置を選定できる。しかしながら、光導波路は基板面上にクラッド層や導光部等を順に形成していく関係上、導光部の高さを発光素子の発光部の高さとも一致させることが難しい。従って、図7に示したような高さ方向の光ビーム調整も必要となる。

【0033】なお、球状レンズはV溝上でどのように転がしても、またどの方角からでも常に一定の性質の光学レンズとして作用し、方向性を持たない。しかも、一般の円盤状のレンズよりも高い精度で加工ができる。その加工精度は $\pm 1 \mu\text{m}$ 程度であって光ファイバの外径精度と同程度の精度で製造が可能となる。従って、本発明のように最終的な光ビームの精密な光軸制御には最適といえる。特に、基板上でY軸方向の位置が大きく異なる発光素子と光導波路との光結合には、このような球状レンズを用いることにより図7に示すように容易に最適な結合が可能となる。実際には数十 $\mu\text{m}$ 程度の高さの違いが

あっても十分に吸収が可能となる。この場合の光ビームは $2 \sim 3^\circ$ 程度傾きを生じるが特性にほとんど影響しない。このため、Y軸方向の位置合わせ等に伴う煩雑な加工も不要になるという効果がある。

【0034】[受光素子との結合] 上記の実施例では、発光素子と光ファイバや光導波路との光結合に関する実施例を説明したが、本発明は受光素子とこれらの光ガイドとの結合にも適用が可能である。図8には、受光素子と光ファイバとの結合状態図(その1)を示す。図に示す光ファイバ3、V溝5、球状レンズ6、V溝22等の構成は、図5に示すものとほぼ変わるところはない。なお、Z軸方向に形成された浅いV溝22の右端には、受光面が丁度V溝22の方向を向くように受光素子チップ31が搭載されている。なお、この受光素子チップ31は基板上に形成された配線パターン33にその電極を直接はんだ付けされ固定されている。このような光結合モジュールも、V溝5上で球状レンズ6を矢印12方向、即ちX軸方向に動かすことによって結合状態を最適に選定される。

【0035】なお、(b)に示すように、光ビーム23は丁度Z軸方向のV溝22に沿って光ファイバ3から球状レンズ6を経てV溝22の端部に形成された光反射面22Aに達する。ここで、光ビーム23は斜め左上方向に反射されて受光素子チップ31の受光面に達する。このような構成にしたのは、丁度ハンダボール32を付ける電極が設けられた面に受光面が存在する受光素子チップ31の特徴を生かし、これを直接基板1上に固定する構成としたためである。通常、受光素子チップ31は機械的な保護とリード線等の引出しのために適当な大きさのキャリアに搭載される。ところが、この例ではそのようなキャリア無しに直接受光素子チップ31を基板1上にハンダボール32を介して固定するため、受光部の十分な小型化が可能であるとともにキャリアが不要となり、コストの大幅な低減ができる。また、配線パターン33に直接はんだ付けすることからボンド線等も不要になるという利点がある。なお、この反射面は光ビーム通過用のV溝22と共にエッチング処理により形成すれば、一括して一工程での形成処理が可能である。

【0036】一方、パッケージの大きさに十分な余裕があるような場合には、キャリアに搭載した受光素子を基板上に固定する。図9は、このような受光素子と光ファイバとの結合状態図(その2)を示す。図に示す光ファイバ3、V溝5、V溝22、球状レンズ6等の構成は図8に示したものと全く同様である。これに対し受光素子チップ31は、図に示すようなシリコン製のキャリア34に搭載され、V溝22の右端部分に位置決めされている。キャリア34には配線パターン35が設けられ、受光素子チップ31はこの配線パターン35の延長線上にはんだ付け接続される。配線パターン35はボンド線等によって、図2に示した配線板18と電気接続される。



この場合、キャリア34によって受光素子チップ31は基板1上の十分な高い位置に位置決めされる。従って、例えば光ファイバ3のコア3Cの位置を十分高い位置に選定すれば、Z軸方向に沿うV溝22が不要となる。従って、基板自体の構成が簡素化されるという効果がある。

【0037】〔応用製品〕本発明の光結合モジュールは、例えば次のような形で実用化される。図10には、光結合モジュール実施例平面図を示す。この実施例では、パッケージ40に対し光ファイバ芯44-1がつながぎ込まれている。光ファイバ芯44-1はパッケージ40の内部で基板41上に形成された導波路43-1に接続される。更に、導波路43-1はカプラ45で導波路43-2と43-3とに2分配され、導波路43-2は発光素子51と向かい合って先に説明した要領で光結合される。即ち、発光素子51と導波路43-2の間にはZ軸方向に光ビーム通過用のV溝48が形成され、更にX軸方向にV溝46が形成されている。そして、そのV溝46に球状レンズ47が支持され、先に説明した光ビームの最適化が行われる。

【0038】また、発光素子51の出力光をモニタするために発光素子51の背面から出力される光を受けるように受光素子52が設けられている。これはキャリア53に搭載され、外部回路にその出力が引き出される。この受光素子52によって発光素子51の出力をモニタし、発光素子51の出力レベルの安定化制御等が行われる。また、導波路43-3にガイドされる光信号を受信するために基板41の右端中央に受光素子54が設けられている。この受光素子54と導波路43-3との光結合はX軸方向に形成されたV溝49上の球状レンズ50によって最適化される。受光素子54はキャリア55に搭載され、その出力はプリアンプ56に導かれ増幅された後、外部回路に取り出される。パッケージ40の図の右側に示す側壁を貫通するように、配線板57が設けられ、そこに配線パターン58が形成されている。このような構成は既に説明した実施例と同様である。

【0039】以上のような構成にすることによって、発光素子51により導波路43-2に対して一定の信号を送信し、逆に導波路43-3と受光素子54によって光信号を受信することができる。なお、図11(a)は、上記導波路43-3と受光素子54及び球状レンズ50との関係を示す縦断面図である。また、(b)は導波路43-2と発光素子51及び球状レンズ47等の関係を示す縦断面図である。また、(c)は、光ファイバ44-1をパッケージ40を貫通させて導く端末キャップ42や基板41上で光ファイバの端末を固定する押え板60等の部分の断面図である。

【0040】図12には、光結合モジュール実施例平面図(その2)を示す。この実施例で、図10と同一部分には同一符号を付した。この実施例と図10の実施例と

の相違点は、発光素子51の出力光を受光素子54がモニタする点である。即ち、この例では1個の受光素子54が信号受信と発光素子51の出力光のモニタとを兼ねるようにしている。このために、発光素子51の出力光はカプラ45-3によって導波路43-2とモニタ用の導波路43-5とに分岐される。導波路43-5の出力は球状レンズ50の前方に導かれるようになっている。この光が受光素子54に入射する。

【0041】光ファイバ等の光ガイドは、一般に光信号を双方向に伝送する。従って、この図に示すように、光ファイバ44-1を伝送された光を導波路43-3を用いて受信し、その一方で導波路43-2を介して逆方向に光信号を送信する。このとき、いわゆるピンポン伝送という方式を用いると送受信のタイミングが互いにずれて、発光素子51が発光している間は導波路43-3から光信号の受信はされない。一方、導波路43-3から光信号が受信されている間は発光素子51は動作を停止する。このように、送信と受信とが、それぞれ時間的にシフトして実行されることから、丁度導波路43-3を介して信号が受信される場合には受光素子54は通信用の光信号受信のために動作し、その信号が休止している間は発光素子51の出力する光信号を導波路43-5を介して受信し、そのモニタを行うことができる。このような関係上、受光素子54を1個搭載すれば、送信信号安定化用のモニタと受信動作の兼用が可能となり、基板の小型化やコストダウンが可能となる。この実施例においても、球状レンズ50を用いて光ビームを適切に最適な状態で受光素子54に導くことができるため、導波路43-3が導波路43-4の端面をそれぞれ独立に位置決め固定する場合に比べて十分に調整の簡素化やコストダウンを図ることができる。

【0042】本発明は以上の実施例に限定されない。上記実施例では基板をシリコン板とし、異方性エッチング加工によりそのV溝を形成する説明をしたが、同様の精度でV溝等の加工ができる基板であればどのようなものを用いてもよい。また、光ファイバの外径や球状レンズの外径、光学素子即ち発光素子や受光素子のY軸方向の位置決め精度を、基板上面に形成する球状レンズ支持用のV溝の加工精度とほぼ同レベルに選定すれば、上記のような構成は達成される。もちろん、いずれかがこれ以上の精度で十分容易に加工可能であれば、それでも差し支えない。従って、加工精度は少なくとも同レベル以上であることが好ましい。この他、モジュール自体の構成は光半導体モジュールその他の回路において広く採用されている構成に置き換えて差し支えない。

【0043】

【発明の効果】以上説明した本発明の光結合モジュールは、基板上面に光入出力端面を固定した光ガイドと基板上のZ軸上で光ガイドの端面に光路を向けるように配置した光学素子と、Z軸と交差するようにX軸方向に形成

されたV溝に支持された球状レンズとを備えるようにしたので、球状レンズをX軸に沿って動かすことによって、光学素子のX軸方向の位置決め精度を十分に緩く設定したとしても、最適の結合条件が得られる。しかも、光学素子を動作させた状態で球状レンズを動かし、最適条件を選定でき、従来の位置決め処理よりも十分に短時間に調整できるから、量産工程での装置のコストダウンと特性向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光結合モジュールの実施例斜視図である。

【図2】本発明の光結合モジュール全体図である。

【図3】発光素子の位置決め法説明図である。

【図4】V溝の断面説明図である。

【図5】発光素子との結合状態図である。

【図6】光導波路を用いた光結合モジュール全体図である。

【図7】発光素子と光導波路との間の光路説明図である。

る。

【図8】受光素子との結合状態図（その1）である。

【図9】受光素子との結合状態図（その2）である。

【図10】光結合モジュール実施例平面図（その1）である。

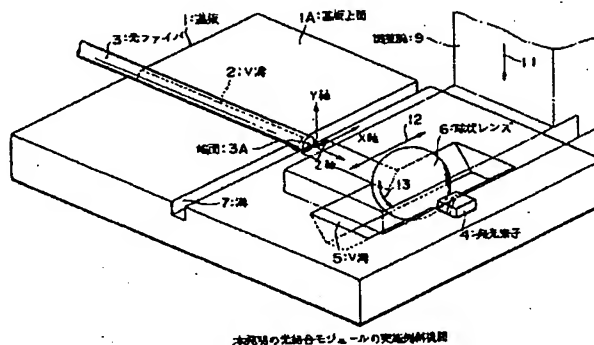
【図11】光結合モジュール要部側断面図である。

【図12】光結合モジュール実施例平面図（その2）である。

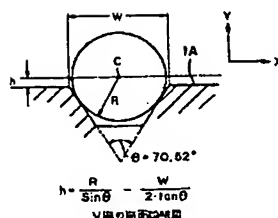
【符号の説明】

- 1 基板
- 1A 基板上面
- 2 V溝
- 3 光ファイバ
- 3A 光ファイバの端面
- 4 発光素子
- 5 V溝
- 6 球状レンズ
- 9 調整腕

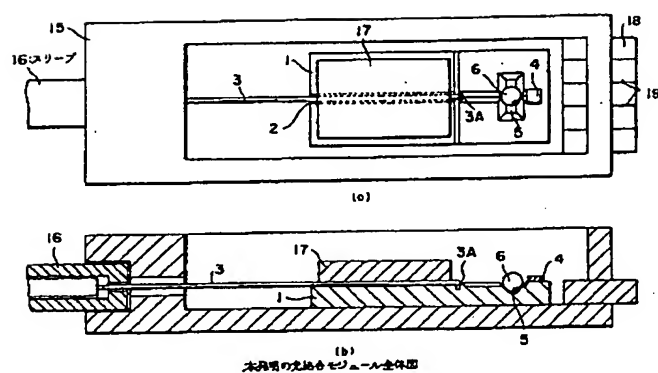
【図1】



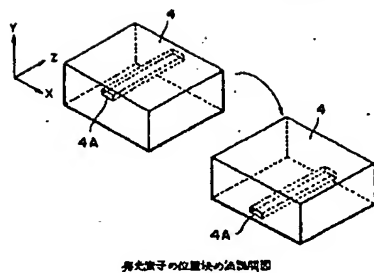
【図4】



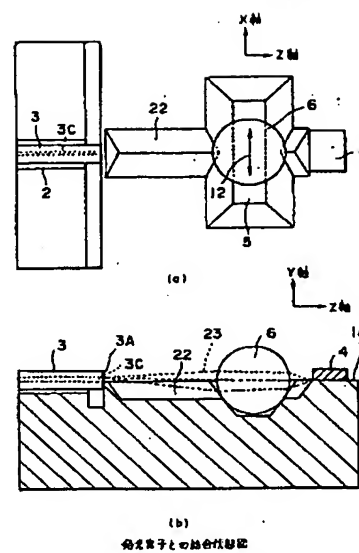
【図2】



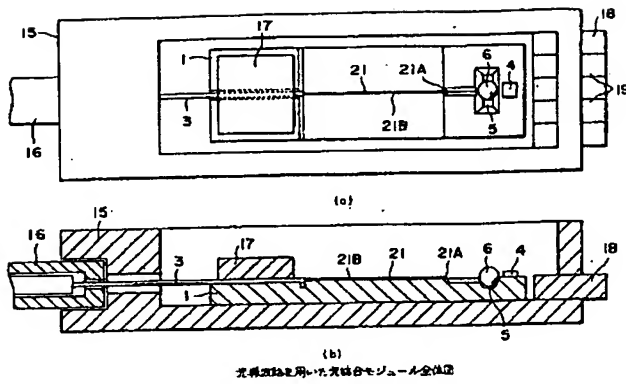
【図3】



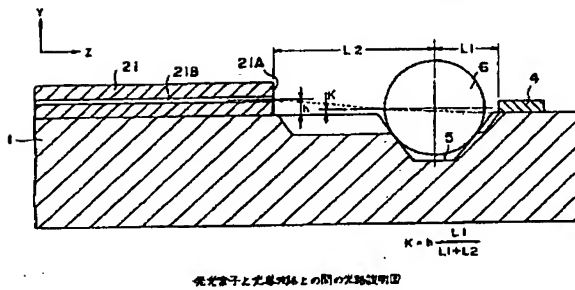
【図5】



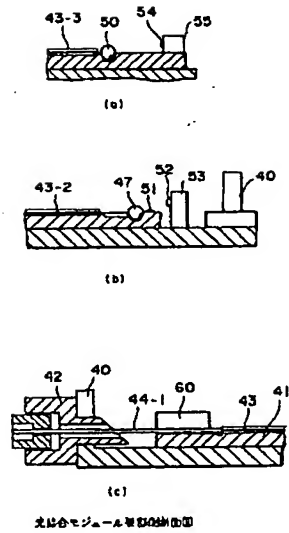
【図6】



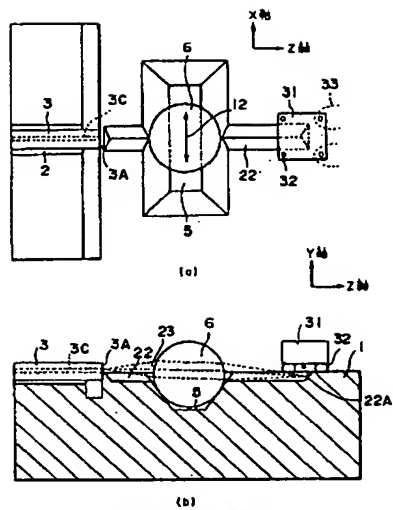
【図7】



【図11】

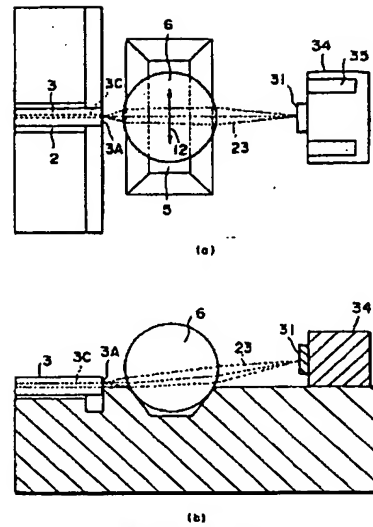


【図8】



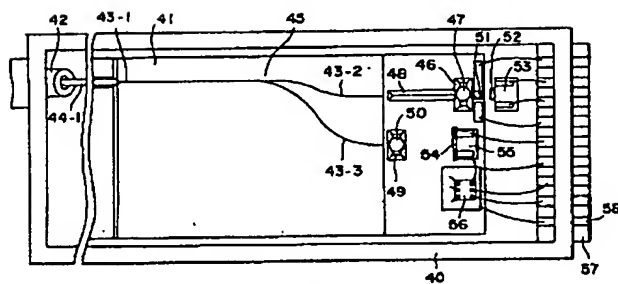
受光素子との結合状態図 (その1)

【図9】



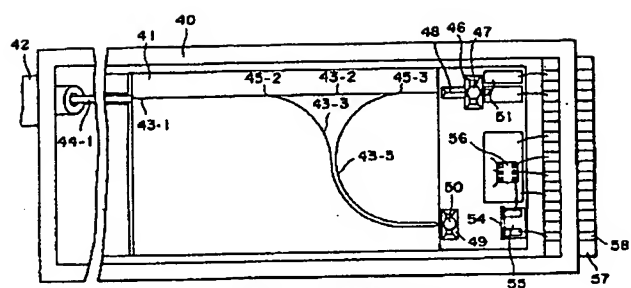
受光素子との結合状態図 (その2)

【図10】



受光素子との結合状態図 (その1)

【図12】



光発射モジュール実施例平面図（その2）